

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 38 260 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**H 01 F 7/18**  
F 15 B 13/043

②1 Aktenzeichen: 196 38 260.2  
②2 Anmeldetag: 19. 9. 96  
④3 Offenlegungstag: 13. 11. 97

DE 196 38 260 A 1

⑥6 Innere Priorität:

296 08 622.3 11.05.96

⑦1 Anmelder:

Festo KG, 73734 Esslingen, DE

⑦4 Vertreter:

Patentanwälte Magenbauer, Reimold, Vetter & Abel,  
73728 Esslingen

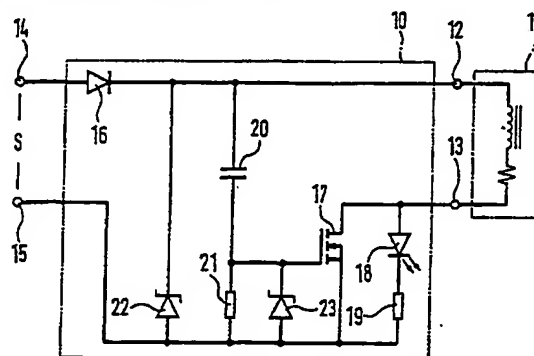
⑦2 Erfinder:

Stoll, Kurt, Dr., 73732 Esslingen, DE; Suchy, Walter,  
71394 Kernen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Schaltungsanordnung zur Steuerung von Magnetspulen, insbesondere für Magnetventile

⑤7 Es wird eine Schaltungsanordnung zur Steuerung von Magnetspulen (11), insbesondere für Magnetventile vorgeschlagen, mit einem in Reihe zur Magnetspule (11) geschalteten, diese während eines vorgebbaren Zeitintervalls ab dem Beginn eines Schaltsignals mit einem hohen Anzugsstrom beaufschlagenden Halbleiterschalter (17), und mit einem dieses Zeitintervall vorgebenden und danach eine Umschaltung auf einen verringerten Haltestrom für die Magnetspule (11) vornehmenden Zeitglied. Parallel zur Schaltstrecke des nach dem vorgebbaren Zeitintervall durch das Zeitglied vom stromleitenden in den gesperrten Zustand umgeschalteten Halbleiterschalters (17) ist ein Strombegrenzungswiderstand (19) geschaltet. Hierdurch wird lediglich ein Halbleiterschalter als einziges aktives Bauelement benötigt, was zu einer insgesamt sehr geringen Ausfallrate und zu einer kleinvolumigen, kostengünstigen Realisierung führt.



DE 196 38 260 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Steuerung von Magnetspulen, insbesondere für Magnetventile, mit einem in Reihe zur Magnetspule geschalteten, diese während eines vorgebbaren Zeitintervalls ab dem Beginn eines Schaltsignals mit einem hohen Anzugsstrom beaufschlagenden Halbleiterschalter, und mit einem dieses Zeitintervall vorgebenden und danach eine Umschaltung auf einen verringerten Haltestrom für die Magnetspule vornehmenden Zeitglied.

Insbesondere wenn Magnetventile bzw. Magnetspulen zu Ventilgruppen zusammengefaßt sind, treten vor allem im Dauerbetrieb Wärmeprobleme auf, da sich die dicht gepackten Spulen gegenseitig aufheizen und die nutzbare Oberfläche zur Wärmeabstrahlung reduziert wird. Kommt dann noch die Verlustwärme der Kontroll- und Steuerelektronik hinzu, so besteht die Gefahr, daß die zulässigen Temperaturgrenzen der Magnetventile bzw. Magnetspulen erreicht oder überschritten werden. Andererseits geht eine Reduzierung der Spulenleistung und eine Vergrößerung der Vorsteuerstufen negativ in das Schaltverhalten der Magnetventile ein. Eine Reduzierung der zulässigen maximalen Umgebungstemperatur engt die Einsatzgebiete ein und wird vom Markt nicht akzeptiert. Das gleiche gilt für eine aktive Kühlung durch Gebläse.

Eine elektronische Stromabsenkung, wie sie beispielsweise aus der DE-OS 37 41 619 oder der DE-GM 296 00 866 bekannt ist, verbleibt somit als einzige Möglichkeit, einerseits die notwendige mechanische Kraft weiterhin aufzubringen und andererseits gleichzeitig die Verlustwärme des Magnetventils zu senken. Das Prinzip der Stromabsenkung beruht darauf, daß während der Anzugsphase eine Hochstromphase (Anzugsstrom) die notwendige mechanische Anzugskraft garantiert, um die neue angestrebte Ventilstellung zu erreichen. Ist die neue Endlagenposition erreicht, wird der Strom auf ein Niveau abgesenkt, das noch das Beibehalten der erreichten Stellung in jedem Fall garantiert.

Bei den bekannten Schaltungsanordnungen wird zur Herabsetzung des Anzugsstroms ein diesem entsprechender Nominalstrom mittels eines Oszillators bzw. Frequenzgenerators getaktet. Dies bedingt einen nicht unerheblichen Schaltungsaufwand bei entsprechend hohen Herstellungskosten. Bei einem derartigen Schaltungsaufwand liegt auch ein nicht unerheblicher Platzbedarf vor. Weiterhin besteht bei getakteten Schaltstufen die Gefahr von unerwünschten Störsignalen.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Absenkung des Haltestroms bei möglichst geringem Schaltungsaufwand und geringstmöglichem Platzbedarf und Kostenaufwand zu erreichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß parallel zur Schaltstrecke des nach dem vorgebbaren Zeitintervall durch das Zeitglied vom stromleitenden in den gesperrten Zustand umgeschalteten Halbleiterschalters ein Strombegrenzungswiderstand geschaltet ist.

Bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung wird bei einer einfachsten Ausführung lediglich ein Halbleiterschalter als einziges aktives Bauelement benötigt. Die Stromabsenkung erfolgt durch den Strombegrenzungswiderstand, der in der Haltestromphase in Reihe zur Magnetspule geschaltet ist. Durch das einzige Halbleiterelement, das durch Überspannungen beschädigt werden könnte, kann eine sehr geringe Ausfallrate der Bauteile erreicht werden, und durch geeignete

Schutzelemente ist diese einzige Schwachstelle leicht zu beherrschen. Die erfindungsgemäß sehr einfache Schaltung kann sehr kleinvolumig und kostengünstig hergestellt werden. Da die Schaltung quasi statisch arbeitet, ist sie auch keine Quelle von elektromagnetischen Störungen.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 angegebenen Schaltungsanordnung möglich.

Die aus der Magnetspule und dem Halbleiterschalter bestehende Reihenschaltung ist zweckmäßigerweise mit vom Schaltsignal beaufschlagbaren Anschlüssen der Schaltungsanordnung verbunden, so daß das Schaltsignal gleichzeitig zur Stromversorgung der Schaltungsanordnung und der Magnetspule dient.

In einer sehr einfachen und daher vorteilhaften Ausbildung des Zeitglieds wird dieses durch eine aus einem Widerstand und einem Kondensator bestehende Reihenschaltung gebildet, die parallel zu der aus der Magnetspule und dem Halbleiterschalter bestehenden Reihenschaltung liegt. Der Verknüpfungspunkt zwischen dem Widerstand und dem Kondensator ist in vorteilhafter Weise mit dem Steueranschluß des Halbleiterschalters verbunden, so daß dieser sowohl einerseits als Umschaltransistor zwischen den beiden unterschiedlichen Stromphasen und andererseits als Bestandteil des Zeitglieds dient. Zweckmäßigerweise bildet dabei die am Widerstand abfallende Spannung die Steuerspannung für den Halbleiterschalter.

Zum Schutz des Halbleiterschalters ist parallel zum Widerstand eine Z-Diode geschaltet, die beispielsweise die an dieser Stelle auftretenden Spannungen auf maximal 15 V begrenzt.

Um die Schaltungsanordnung verpolsicher zu machen wird ihr als zusätzlicher Schutz das Schaltsignal über eine Verpolschutzdiode zugeführt. Zum Schutz gegen hohe Spannungsspitzen und kapazitive Störungen im Schaltsignal kann noch eine weitere Schutzdiode vorgesehen sein, die die mit dem Schaltsignal beaufschlagten Anschlüsse der Schaltungsanordnung überbrückt, und gleichzeitig die Funktion der Freilaufdiode beim Abschalten der Spule erfüllt, wodurch die hohen negativen Spannungsspitzen unterdrückt werden.

Eine in Reihe zum Strombegrenzungswiderstand geschaltete Leuchtdiode (LED) dient in vorteilhafter Weise sowohl als Zustandsanzeige, und ihre Verlustleistung ist ein Teil der reduzierten Spulenleistung und tritt nicht zusätzlich im System auf. Die Gesamtverlustleistung teilt sich daher in drei Komponenten auf, die der Magnetspule, die des Strombegrenzungswiderstands und die der Leuchtdiode. Damit steht zur Wärmeabfuhr eine größere Gesamtoberfläche zur Verfügung.

Bei Spulenströmen, die den maximal zulässigen LED-Strom überschreiten, ist die Leuchtdiode zweckmäßigerweise durch einen Strom-Bypass überbrückt, der vorzugsweise durch einen als Stromquelle geschalteten Transistor gebildet wird.

Als Halbleiterschalter eignet sich ein FET.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaltbild einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung,

Fig. 2 ein Signaldiagramm zur Erläuterung der Wirkungsweise und

Fig. 3 eine mit einem Bypass versehene Leuchtdiode für größere Spulenströme.

Die in Fig. 1 dargestellte Schaltungsanordnung 10 dient zur Steuerung einer Magnetspule 11, die schematisch mit einem ohmschen und einem induktiven Anteil dargestellt ist. Bei dieser Magnetspule 11 handelt es sich beispielsweise um die Magnetspule eines Magnetventils, jedoch kann die Magnetspule 11 auch für einen sonstigen Elektromagneten oder ein sonstiges Stellglied vorgesehen sein. Diese Magnetspule 11 ist an zwei Ausgangsanschlüsse 12, 13 der Schaltungsanordnung 10 angeschlossen. An zwei Eingangsanschlüsse 14, 15 der Schaltungsanordnung 10 werden Schaltsignale S für die Magnetspule 11 angelegt. Die Schaltungsanordnung 10 kann somit in die Zuleitungen zu einer Magnetspule 11 auch noch nachträglich geschaltet werden.

Der Eingangsanschluß 14 ist über eine Verpolungsschutzdiode 16 mit dem Ausgangsanschluß 12 verbunden, und der Eingangsanschluß 15 ist über die Schaltstrecke eines FET 17 mit dem Ausgangsanschluß 13 verbunden, so daß die Magnetspule 11 mit dem FET 17 eine Reihenschaltung bildet. Anstelle eines FET kann prinzipiell auch ein anderer Schalttransistor oder ein anderer Halbleiterschalter eingesetzt werden.

Parallel zur Schaltstrecke des FET 17 liegt die Reihenschaltung einer Leuchtdiode (LED) 18 mit einem Strombegrenzungswiderstand 19.

Parallel zu der aus der Magnetspule 11 und dem FET 17 bestehenden Reihenschaltung liegt eine weitere, aus einem Kondensator 20 und einem Widerstand 21 bestehende Reihenschaltung, zu der wiederum eine Schutzdiode 22 als Schutz gegen kapazitive Störungen und einangangsseitige hohe Spannungsspitzen parallelgeschaltet ist, die auch als Freilaufdiode für die Spule fungiert. Der Verknüpfungspunkt zwischen dem Kondensator 20 und dem Widerstand 21 ist mit dem Gate des FET 17 verbunden. Dabei überbrückt der Widerstand 21 die Gate-Source-Strecke des FET 17. Parallel zum Widerstand 21 liegt eine Spannungsbegrenzungsdioden 23, die zum Schutz des FET 17 dessen Gate-Source-Spannung auf beispielsweise maximal 15 V begrenzt.

In einem einfacheren Ausführungsbeispiel kann auch auf die Dioden 16 und 23 verzichtet werden, sofern beispielsweise keine Spannungsspitzen oder Verpolungen auftreten können und sofern die Versorgungsspannung geringer als die maximal zulässige Gate-Source-Spannung ist.

Auch auf die Leuchtdiode 18 kann bei einer einfachen Ausführung verzichtet werden.

Die Wirkungsweise des in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiels wird im folgenden anhand des in Fig. 2 dargestellten Signaldiagramms erläutert. Wird ein Schaltsignal S an die Klemmen 14, 15 angelegt, so ist der FET 17 zunächst stromleitend, und es baut sich ein Spulenstrom  $I_s$  als Nominalstrom der Magnetspule 11 auf. An der Magnetspule 11 liegt dabei die größtmögliche Spannung  $U_s$ . Dieser hohe Spulenstrom  $I_s$  zu Beginn gewährleistet ein sicheres Schalten beispielsweise eines mit der Magnetspule 11 versehenen Magnetventils.

Im folgenden läßt sich nun der Kondensator 20 über den Widerstand 21 auf, bis die Spannung am Widerstand 21 so weit abgefallen ist, daß der FET 17 sperrt. Dies erfolgt zum Zeitpunkt  $t_1$ . Sowohl der Spulenstrom  $I_s$ , wie auch die Spulenspannung  $U_s$  sinken nun auf einen deutlich niedrigeren Wert ab, d. h. es fließt jetzt nur noch ein Haltestrom durch die Magnetspule 11, durch die der erreichte Schaltzustand aufrechterhalten wird. Dieser reduzierte Haltestrom wird dadurch erreicht, daß nach dem Sperren des FET 17 der Spulenstrom nun durch den Strombegrenzungswiderstand 19 fließen

muß. Gleichzeitig wird die Leuchtdiode 18 eingeschaltet und zeigt den eingeschalteten Zustand der Magnetspule 11 an. Der Kondensator 20 bildet daher zusammen mit dem Widerstand 21 und dem FET 17 ein Zeitglied, das die Dauer der anfänglichen Hochstromphase bzw. des Anzugsstroms in der gewünschten Weise begrenzt. Gleichzeitig dient der FET 17 zur Umschaltung zwischen dem vollen Spulenstrom und dem durch den Strombegrenzungswiderstand 19 reduzierten Spulenstrom in der Haltestromphase. Mit dem Ende des Schaltsignals S bricht auch die Spulenspannung zusammen und der Spulenstrom  $I_s$  reduziert sich bis zum Wert 0.

Die in Fig. 3 dargestellte Abwandlung ersetzt die Leuchtdiode 18 gemäß Fig. 1 für den Fall, daß der Spulenstrom durch die Magnetspule 11 den maximal zulässigen Strom durch die Leuchtdiode 18 überschreitet. Aus diesem Grunde ist die in Reihe zu einem Widerstand 24 geschaltete Leuchtdiode 18 durch die Schaltstrecke eines Transistors 25 überbrückt, wobei der Verknüpfungspunkt zwischen der Leuchtdiode 18 und dem Widerstand 24 mit der Basis des Transistors 25 verbunden ist. Der Transistor 25 ist dadurch als Stromquelle geschaltet, durch die ein Bypass-Strom an der Leuchtdiode 18 vorbei gebildet wird, um den Leuchtdiodenstrom auf das zulässige Maß zu reduzieren.

Durch die in Folge der geringen Zahl von Bauelementen erreichbare kleine Baugröße der Schaltungsanordnung kann diese beispielsweise in einem Stecker für eine Magnetspule bzw. ein Magnetventil untergebracht werden.

#### Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Steuerung von Magnetspulen, insbesondere für Magnetventile, mit einem in Reihe zur Magnetspule geschalteten, diese während eines vorgebbaren Zeitintervalls ab dem Beginn eines Schaltsignals mit einem hohen Anzugsstrom beaufschlagenden Halbleiterschalter, und mit einem dieses Zeitintervall vorgebenden und danach eine Umschaltung auf einen verringerten Haltestrom für die Magnetspule vornehmenden Zeitglied, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zur Schaltstrecke des nach dem vorgebbaren Zeitintervall durch das Zeitglied vom stromleitenden in den gesperrten Zustand umgeschalteten Halbleiterschalters (17) ein Strombegrenzungswiderstand (19) geschaltet ist.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die aus der Magnetspule (11) und dem Halbleiterschalter (17) bestehende Reihenschaltung mit vom Schaltsignal (S) beaufschlagbaren Anschlüssen (14, 15) der Schaltungsanordnung (10) verbunden ist.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zu der aus der Magnetspule (11) und dem Halbleiterschalter (17) bestehenden Reihenschaltung eine weitere, das Zeitglied bildende und aus einem Widerstand (21) und einem Kondensator (20) bestehende Reihenschaltung liegt.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Verknüpfungspunkt zwischen dem Widerstand (21) und dem Kondensator (20) mit dem Steueranschluß des Halbleiterschalters (17) verbunden ist.
5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch

gekennzeichnet, daß die am Widerstand (21) abfallende Spannung die Steuerspannung für den Halbleiterschalter (17) bildet.

6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zum Widerstand eine Spannungsbegrenzungsdiode, insbesondere eine Z-Diode, geschaltet ist.

7. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ihr das Schaltsignal (S) über eine Verpolschutzdiode (16) zuführbar ist.

8. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine weitere Schutzdiode (22) gegen Spannungsspitzen die mit dem Schaltsignal (S) beaufschlagten Anschlüsse (14, 15) der Schaltungsanordnung überbrückt.

9. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Leuchtdiode (18) in Reihe zum Strombegrenzungswiderstand (19) geschaltet ist.

10. Schaltungsanordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Leuchtdiode (18) zur Begrenzung des Diodenstroms durch einen Strom-Bypass (25) überbrückt ist.

11. Schaltungsanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Strom-Bypass (25) durch einen Transistor gebildet wird, der insbesondere als Stromquelle geschaltet ist.

12. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterschalter (17) als FET ausgebildet ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

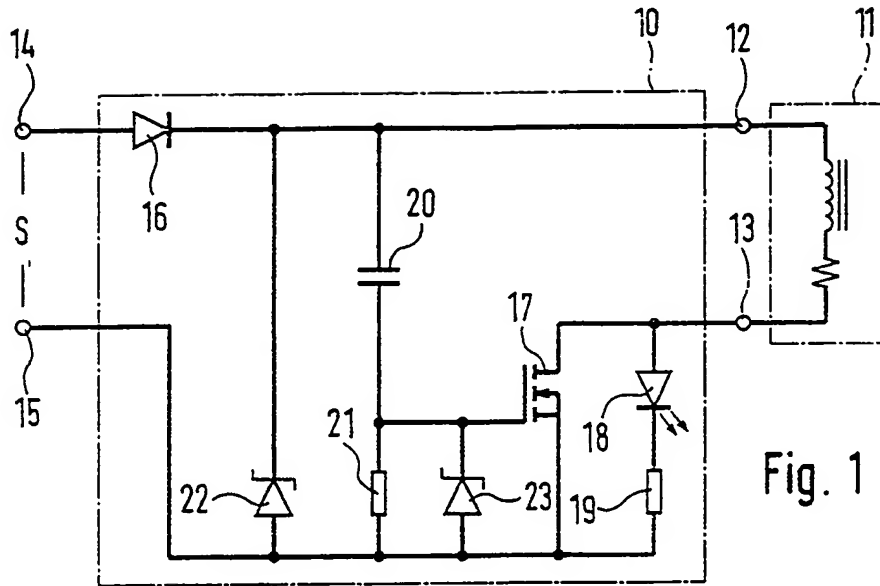


Fig. 1

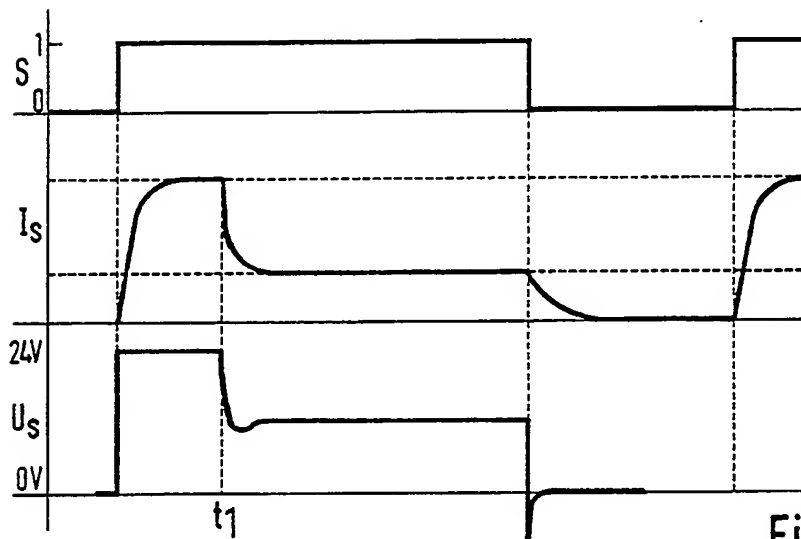


Fig. 2

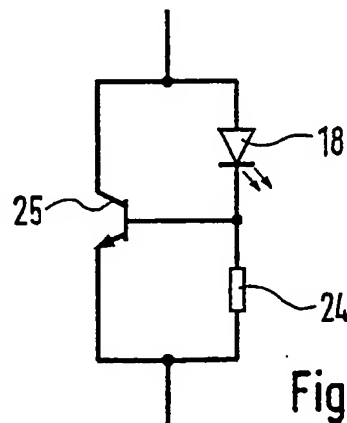


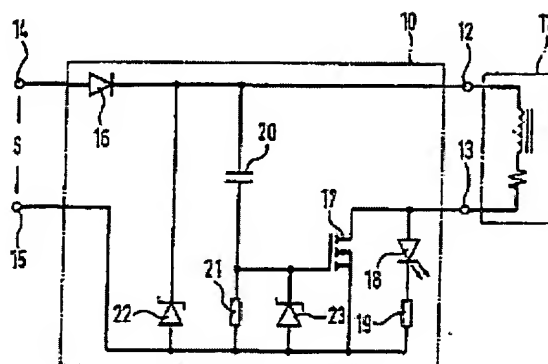
Fig. 3

**Circuit for controlling magnetic coils esp. for solenoid valves**

**Patent number:** DE19638260  
**Publication date:** 1997-11-13  
**Inventor:** STOLL KURT DR (DE); SUCHY WALTER (DE)  
**Applicant:** FESTO KG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** H01F7/18; F15B13/043  
- **european:** H01F7/18B  
**Application number:** DE19961038260 19960919  
**Priority number(s):** DE19961038260 19960919; DE19962008622U 19960511

**Abstract of DE19638260**

The circuit has a semiconducting switch (17) connected in series with the magnetic coil (11) which applies a large pulling current to the coil during a defined time interval after the start of a switching signal. A timing element defines the time interval, after which a reduced holding current is applied to the coil. A current limiting resistance (19) is connected in parallel with the switch path of the semiconducting switch, which is switched from the conducting to the locked state by the timing element after the time interval.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide